

# 経営組織の熱力学的定式化とエンパワーメント問題\*

水 谷 正 大

## 1 はじめに

経営組織は、たとえば企業の場合、顧客や市場と企業との間での取引によってサービスを提供しながら利益を得て企業組織を維持している。経営組織では、その活動の過程でこの目的を実現するために適切に組織化が行われ、組織構造とそれらの機能が可能な限り最適化されることが望ましい。経営者または経営陣達は、経営状況に応じて多数の選択肢からその組織構造や内部機能を適時決定しながら経営組織を運営している。

経営学においては、経営組織が置かれている現状においてどのような経営形態が最適なのか、あるいは、与えられた経営環境—それは顧客や市場さらには社会状況によって規定されるのであるが—と経営組織とのやり取りから取り出しうる最大利得はどれほどかについての評価などが理論的に明らかにされてきたわけではない。また、どのような経営状況になったときに組織のどんな組み替えを考慮すべきなのかや、一層望ましい利益を得るためにはいかにして経営組織を維持すべきかなど、どれも経営上の大きな課題となっている。実際、経営組織の活動実態を財務諸表などに表されている資産状態だけで論ずることは難しい。たとえば、等しい資産状態にある複数の企業においても、企画開発力や個人およびグループのエンパワーなどの諸要因によって、これらの企業の将来発展には大きな差異が生じてくることが知られている。経営組織を望ましい状態に保つことはエンパワーメント [1] の中心課題となっているのであるが、しかしながらエンパワーメントは必ずしも経営組織内においては確固たる実体として捉えられているわけではない。本研究の主目的は、経営組織の熱的な取り扱いによって組織エンパワーメントを有りようを探るための理論的枠組みを提供することにある。

企業では顧客や市場から資金が流れ込み、原材料の購入や賃金および管理経費によってその一部を消費し、加えて利益を確保することによってサービスを提供している。この企業活動の様子は、流入した熱の一部を排出し、残りのエネルギーを仕事として取り出している熱機関を想起さ

---

\* 本研究は2007年度科学研究費基盤研究 (C) [課題番号19530355] 『チームエンパワーメントの解明とその応用』(研究代表者：青木幹喜) によって行われた。

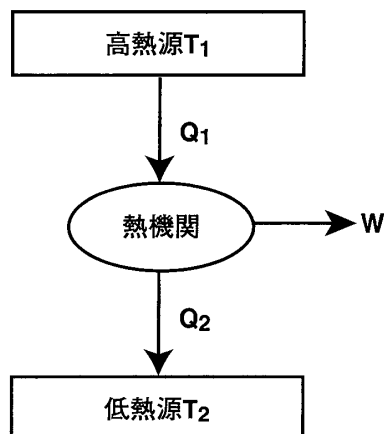


図1 熱機関。熱機関は温度  $T_1$  の高熱源から熱量  $Q_1$  を受け取り、温度  $T_2$  ( $T_2 < T_1$ ) の低熱源に熱量  $Q_2$  を放出することによって仕事  $W$  を取り出している。流入した熱量  $Q_1$  は取り出した仕事  $W$  と放出した熱量  $Q_2$  との和  $Q_1 = W + Q_2$  に等しいというエネルギー保存則が熱力学の第一法則である。

せる (図1)。熱現象に対する理解とは、温度や体積、圧力などの巨視的な状態量を導入し、これらの間の関係を調べ、熱的諸現象がどのように記述されるかを解明することである。これらの状態量の間には状態方程式が成立しているのであるが、熱力学では状態方程式がなぜ成立しているのかという原因の追及よりも、どのように現象が記述できるのかに重点を置く現象論の立場で考える。したがって、熱力学から得られる諸結果は、熱機関内部の詳細や構成要素間の相互作用に対するモデル化などには依存せず、普遍的な性格を持つことになる。

本論文では経営組織に対する熱力学的アプローチを提案し、その立場からエンパワーメント問題を位置づけることを試みる。経営組織をサービスを取り出す機関として考察するのであるが、ただし、この組織機関が自然熱力学と同様な平行した枠組みで取り扱えるかどうかについてはまだ明らかではない。自然界に起こる熱現象における根本概念は温度である。物体を接触した際に、そこに温度差がある場合に熱の移動が生じる。2つの物体を接触させると一般に両方の温度が変化するが、十分に時間がたつとその変化は止む。そのときの2物体の温度は等しくなって熱平衡状態にあるという。我々の経験によると、物体  $O_a$  と物体  $O_b$  が熱平衡にあり、同じ状態の  $O_a$  と物体  $O_c$  も熱平衡にあるとき、物体  $O_b$  と  $O_c$  を接触させても熱平衡状態が保たれて何の変化も生じない (熱力学の第0法則)。この事実がなんらかの物質を使った温度目盛りを利用して物体の温度を測ることができる基礎となっている。さらに状態量である温度は、熱現象の不可逆性の表現である第二法則の鍵となる重要な状態量であるエントロピーと共役の関係にあり、熱的システムにおける秩序構造の形成に大きく関係していることが知られている。

経営組織では資金の流入入がサービスを生み出しているのであるが、経営組織を熱的機関として考えた場合、熱力学からの類推からは、この流れを‘駆動している’ものが‘温度’差に相当すると考えられる。経営組織を通過していくその資金の流れが何によって生じているのかを考察

することは非常に興味深いですが、これは今後の課題として、以下の議論において形式的に必要となる場合を除いて経営組織における‘温度’概念については考えない。

それでも経営組織の熱的考察が重要であるのは、このアプローチが組織の微細構造や特殊性に依存しない現象論的理論をめざすことによって、対象とする組織がどのようなものであろうとも普遍的性質を探求し得る可能性があるからである。この目的のために、本論文では経営組織を熱機関とみなして組織の内部エネルギーを導入し、それから導出される諸関係を考察する。節5で議論されるように、非平衡開放系としての経営組織の内部エネルギー  $U$  をその資産  $R$  と各種情報  $I$  および組織エンパワーメント  $P$  の和  $U=R+I+P$  として定義し、その変動  $dU$  が

$$\begin{aligned} dU &= dR + dI + dP \\ &= dR + \sum_h \epsilon_h dI_h + \sum_\ell \mu_\ell dN_\ell \end{aligned}$$

で与えられるとした。ここで、 $\{I_h\}$  は各種情報  $\{K_h\}$  に関する情報量、 $\{\epsilon_h\}$  はその情報価値ポテンシャル、および  $\{N_\ell\}$  は組織の部分システムが持つ機能  $\{F_\ell\}$  の大きさ、 $\{\mu_\ell\}$  はその部分システムのエンパワーポテンシャルである。

## 2 巨視的システムと熱力学

システムの理解には2つの対極的なアプローチがあり、システムを観察する際のスケールの相違に基づいている。その一つが微視的な方法でありもう一つが巨視的な方法である。社会科学でもスケール概念は暗黙裏には既に導入されている。実際、消費者を経済主体の最小単位とみなして出発するミクロ経済学と個別の経済活動を集約して一国または多国経済全体を取り扱うマクロ経済学がそうであるように、経済学において考察対象となる様相は大きく異なっている。

微視的方法の代表として力学 (mechanics) があり、巨視的方法の代表として熱力学 (thermodynamics) がある<sup>1)</sup>。この対極的アプローチをつなぎ、システムの微視的要素間の相互作用法則をもとにして巨視的な性質を導き出すための研究方法が統計力学である。

微視的方法では、システムを構成する要素間の相互作用をモデル化し、その時間的挙動を力学法則として定めてシステムの挙動を理解しようとする。 $N$  要素からなる力学システムの状態を各要素の位置  $q_i$  と運動量  $p_i$  の組  $\{q_i, p_i\}$  によって表し、システムの挙動は運動方程式によって与えられる。このような情況にあるシステムを微視的記述を持つと呼ぼう。ただし、運動方程式と初期条件が得られたとしても、直ちにシステム全体の理解に結びつくわけではない。要素間の

---

1) 他にも変形体として現れる巨視的挙動に関しては弾性理論や流体力学がある。流体に関する運動学的基本法則を与える Navier-Stokes 方程式は熱力学的諸量と組み合わせられて記述されており、本論文で導入する方法論を進めて将来的にはこれらも活用することになる。

相互作用が厳密にわかったとしても、システムの要素数（自由度）が増すにつれて運動方程式を解いてシステム全体の挙動を知ることは自由度  $N$  が莫大（ $\sim 10^{23}$ ）になると不可能となる。また、運動方程式は時間反転に関して不変であるため、システムの発展過程を逆転した挙動は常に可能である<sup>2)</sup>。

熱力学では、実際に生じている熱現象に立脚し、システムを構成している微細要素である分子原子それ自体には着目せず、対象としている物質の大きさ程度のスケールで観察されるエネルギー、温度  $T$ 、圧力  $p$ 、体積  $V$ 、化学反応ポテンシャル  $\mu$  などの巨視的測定量に着目する。これらから定まる諸量をシステムを記述する状態量と見なし、それらの関係を研究する現象論的科学が熱力学である [2]。熱力学は本質的にはエネルギーとエントロピー  $S$ <sup>3)</sup> に関する2つの基本法則に基づいて物質の状態変化を一般的に取り扱う理論科学である。以下に、本論文で必要な範囲で熱力学の考え方をごく簡単に紹介しておこう。

対象とする現象を熱力学的に記述するためには、まず現象が生じている観察対象をシステム (system) とし、それ以外を外界 (exterior) として区分する。熱的考察においては、システムから外界を区別している境界を通じてシステムが外界とどのような相互作用をしているのかを明確にしておくことが重要である。熱力学では外界との相互作用のあり方は次の3つに分類される：

孤立系 (isolated system) 外界とエネルギーおよび物質などの交換をしない。とくに、熱エネルギー交換をおこなわない場合、断熱系 (adiabatic system) という。

閉鎖系 (closed system) 外界とエネルギーの交換をするが、それ以外の物質などの交換はしない。

開放系 (open system) 外界とエネルギーおよび物質の交換をする。

システムの状態 (state) は自明な測定量である体積  $V$ 、圧力  $p$ 、温度  $T$ 、組成成分のモル数  $\{N_i\}$  などのような状態変数によって特徴付けられる。以下で取り上げるシステムの内部エネルギーは状態変数の関数である状態関数として表される。経営組織を熱力学的に考察しようとする本論文では、経営組織がどのような状態量によって記述されるのかは主目的の1つである。

システムを記述するこれら熱力学諸量の間にはさまざまな関係式 (状態方程式) が成り立っている。たとえば、平衡状態にある理想気体では、温度  $T$ 、圧力  $p$ 、体積  $V$  の状態変数間でよく知られた状態方程式

2) 運動方程式が時間反転  $t \rightarrow -t$  に対して不変であるために、与えられた初期条件から時間を逆行させた運動は常に可能である。我々は力学運動の様子を記録したフィルムを逆転して見せられても、時間が逆向きに進んでいると判定することはできない。

3) エントロピー  $S$  は、温度  $T$  の微少熱量  $d'Q$  に対して  $dS = \frac{d'Q}{T}$  で定義される示量変数である。本論文ではエントロピー  $S$  について詳しい論及は行わない。

$pV = nRT$ ,  $n$  はモル数,  $R$  は気体定数,

によって熱的状态は完全に決まってしまう。熱力学的記述のように、システムの状態がその構成要素である個々の微細状態ではなく、多数の構成要素が集まることによって現れる集団の様子を表す変数で記述されるとき、システムは巨視的記述を持つと呼ぼう。システムが巨視的記述を持つ程度に十分に大きいときにそのシステムは熱的な考察の対象となるのである。このときシステムを外部からの影響を遮断して孤立した状態で放置すると、システムの熱的状态変化は状態量がシステム内の至る所で一様化してそれ以上の変化が見られない平衡状態に近づく方向にだけ進行する。この熱力学による巨視的記述だけが、システムの時間的変化に関する非対称性を説明するのである（熱力学第二法則）。

熱力学の立場では、熱的システムがどのような要素から構成されて、それらの中にどんな相互作用が働いているかには立ち入らない。事実、システム記述のための変数の数に注目すると、微視的記述におけるシステム変数  $\{q_i, p_i\}$  ( $i=1, \dots, N$ ) の数 ( $N \sim 10^{23}$ ) に比べて巨視的記述における状態変数の数は圧倒的に少ない。このことは微視的スケールでの（または局所的な）観察や理解が必ずしも巨視的スケールでの（または大域的な）現象の理解にはつながらないことも示している。その逆に、巨視的スケールでの現象を知ったとしても、その背後にある微視的スケールでの成り立ちや挙動原理がどうなっているかについても直ちに推定・理解することも困難である<sup>4)</sup>。

熱力学の第一法則は、力学的仕事は熱に、熱はある割合で力学的仕事<sup>5)</sup>に変換できるというエネルギー保存則を主張している。内部エネルギー  $U_A$  の状態  $A$  から  $U_B$  の状態  $B$  へ移行する過程において、システムは外界から熱という形態で与えられたエネルギーを  $Q$ <sup>6)</sup>、システムが外界へ力学的仕事  $W$  を行うとすると、第一法則は  $U_B - U_A = Q + W$  と表される。状態  $A \rightarrow B$  への移行では、内部エネルギーの変化量  $Q + W$  は一意的で  $U_B - U_A$  であるが、 $Q$  と  $W$  の値は変化する過程ごとに定まるさまざまな値を取る。時間  $dt$  の間にシステムが状態変化する場合、外界と交換される熱  $d'Q$  や外界に加えられる仕事  $d'W$  によって生じるシステムの内部エネルギーの全変化量  $dU$  は状態変化の経路に無関係で最初と最後の状態だけで決まる。一般に、システムの全エネルギーの変化  $dU$  は、図2のように外界との物質交換などにもとづくエネルギー変化を  $dU_{\text{物質}}$  として

4) 事実、微視的な原子・分子の集合体として気体・液体・固体などの巨視的システムとしての相が出現しているのであるが、原子分子が従う微視的法則や性質をもとに巨視的な性質との関係を研究する統計力学には、依然として未解決な課題が多く残っている。

5) 熱力学では、熱機関はシリンダーとそこに挿入されたピストンによって象徴されることが多い。取り出される利得は仕事であり、エネルギーの次元  $[L^2 MT^{-2}]$  を持ち、Joule (J) を単位として測られる。ここで、エネルギーの次元において  $L$  は長さ、 $M$  は質量、 $T$  は時間を表している。

6) 図1において、システムに与えられた熱エネルギー  $Q$  は流入した熱量  $Q_1$  と排出した熱量  $Q_2$  との差  $Q = Q_1 - Q_2$  である。

$$dU = d'Q + d'W + dU_{\text{物質}}$$

と表すことができ、状態  $A$  から状態  $B$  への変化量は

$$\int_A^B dU = U_B - U_A$$

によって与えられ、状態遷移  $A \rightarrow B$  の経路にはよらない。内部エネルギーのように状態遷移の経路によらず、状態の最初と最後の値だけに依存する変数を状態変数という。

内部エネルギーの変化は、外界との熱交換や体積変化による力学的な仕事だけでなく、化学組成の変化などによっても起こる。システムの状態を記述するパラメータ  $\{a_i\}$ 、たとえば、体積、圧力、電荷、モル数などを使うと、システムが行う一般的な仕事エネルギーの増分  $d'W$  は、システムに各  $a_i$  に対応する外力  $\{X_i\}$  が働いてシステムのパラメータが  $da_i$  だけ変化したとき

$$d'W = \sum_{i=1} X_i da_i$$

と表される<sup>7)</sup>。

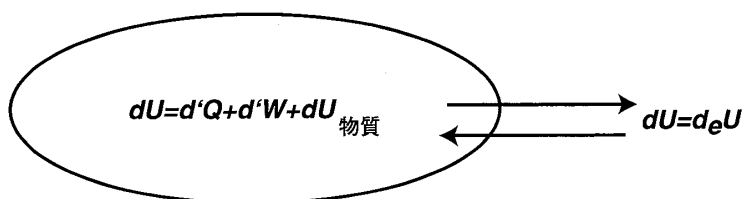


図2 熱力学の第一法則とエネルギー保存則。エネルギー保存則は孤立系において全エネルギーが一定であることを意味する。時間  $dt$  におけるシステムの全エネルギー変化  $dU$  は、外界との熱の交換  $d'Q$  と外界への仕事  $d'W$ 、および物質交換などに基づくエネルギー変化  $dU_{\text{物質}}$  との和  $dU = d'Q + d'W + dU_{\text{物質}}$  に等しく、外界との間で生じるエネルギー交換  $d_e U$  によってのみ生じる。システムの内部エネルギーの変化量  $dU$  は外界のエネルギー変化量  $d_e U$  の符号を変えたものに等しい。

システムの内部エネルギー  $U$  はシステムを記述するパラメータである温度  $T$  や  $\{a_i\}$  の関数あり、その全微分  $dU$  は

$$dU = \left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_{\{a_i\}} dT + \sum_i \left( \frac{\partial U}{\partial a_i} \right)_{T, \{a_j \neq a_i\}} da_i$$

7) たとえば、システムに圧力  $p$  が加えられているとき、システムの体積変化  $dV$  によって外部におこる力学的仕事の増分は  $d'W = -pdV$  である。

$$=d'Q + d'W + dU_{\text{物質}}$$

である。具体的な個々のシステムでは、内部エネルギー関数  $U(T, \{a_i\})$  の正確な形は観測によって定められる。たとえば、 $U$  が温度  $T$ 、体積  $V$  とモル数  $N$  の関数  $U(T, V, N)$  であるときには、まず定積比熱  $C_V \equiv \left(\frac{dQ}{dT}\right)_V$  を測定する。定積変化では仕事  $-pdV$  はなされず  $dU = dQ$  となることから、

$$C_V = \left(\frac{dU}{dT}\right)_{V,N}$$

と書けて、 $C_V$  が温度  $T$  の関数として決定される。したがって、 $T_0$  を基準温度としたとき、内部エネルギー  $U(T, V, N)$  は

$$U(T, V, N) - U(T_0, V, N) = N \int_{T_0}^T C_V(T, V) dT$$

で与えられる。

さて、熱力学的変数は示量変数 (extensive variable) と示強変数 (intensive variable) の2つに区分される。示量変数は体積  $V$ 、エントロピー  $S$  やモル数  $\{N_i\}$  のようにシステムの大きさに比例する量と定義される。たとえばシステムの大きさが2倍になると体積  $V$  やモル数  $N$  のような示量変数も2倍になる。つまり、システムの状態量の組  $\{a_i\}$  が示量変数であるとは、これらの状態量  $\{a_i\}$  を独立変数として含む任意の示量的状態関数  $\Phi(a_1, \dots, a_m)$  がこれらの示量変数に関して1次の同次式

$$\Phi(\lambda a_1, \lambda a_2, \dots, \lambda a_m) = \lambda \Phi(a_1, a_2, \dots, a_m)$$

であることに他ならない。たとえば、内部エネルギーはシステムの大きさが2倍になると内部エネルギーも2倍になる示量的状態関数である。このとき、両辺を  $\lambda$  で偏微分して  $\lambda = 1$  と置くと同次式に関する Euler の関係

$$\Phi = \sum_{i=1}^m a_i \left(\frac{\partial \Phi}{\partial a_i}\right)_{a_j \neq a_i}$$

が成立する。一方、示強変数とは、温度  $T$  や圧力  $p$  のように、システムの大きさには依存せずにシステムの (局所的) 性質を表す状態変数である。ある示量変数  $a$  は、 $a$  に '共役' な示強変数  $X$  が適切に選ばれると、 $a$  と  $X$  との積  $Xa$  はエネルギーの次元  $[L^2 M T^{-2}]$  を持つことに注意する<sup>8)</sup>。実際、 $T = \left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_{V, \{N_k\}}$  のように、示強変数はある示量変数の微分として表すことができる。

いま、独立変数の組  $\{b_i\}$  からなる関数  $\Psi(b_1, b_2, \dots, b_m)$  が次の Pfaff 形式

$$d\Psi = \sum_{i=1}^m Y_i db_i = \sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial \Psi}{\partial b_i} \right)_{j \neq i} db_i$$

を持つとする。このとき、 $\Psi$  の変数  $b_i$  に関する Legendre 変換によって得られる関数  $\hat{\Psi}_i$

$$\hat{\Psi}_i = \Psi - b_i Y_i$$

は、 $b_i$  を新たな独立変数  $Y_i$  で置き換えて  $(b_1, \dots, b_{i-1}, Y_i, b_{i+1}, \dots, b_m)$  を独立変数の組とする関数になることが確かめられる。実際、熱力学の内部エネルギー  $U$  を定めるとその Legendre 変換によって、エンタルピー  $H = U + pV$ 、Helmholtz の自由エネルギー  $F = U - TS$ 、Gibbs の自由エネルギー  $G = F - pV$  などいずれもエネルギーの次元を持つ熱力学状態関数が得られる。

熱力学は、熱的環境から取り出しうる最大利得の評価を与える。熱機関は、外界である熱環境において熱の供給源としての高熱源と熱の排出先としての低熱源に接触して、等温および断熱膨張、等温および断熱圧縮の過程を経て元の状態に戻るサイクルにおいて仕事を取り出している。図1は、熱機関が温度  $T_1$  の高熱源と温度  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ) の低熱源に接して仕事を取り出している様子を示している。熱機関は高熱源から熱量  $Q_1$  を受け取り外界に仕事  $W$  を行い、残りのエネルギーを熱量  $Q_2$  として低熱源に放出してサイクルを一回終了する。サイクルを終えると熱機関は元の状態に戻っているので、その内部エネルギーは  $U_{\text{始状態}} = U_{\text{終状態}}$  となっている。したがって、熱力学の第一法則  $U = Q + W$  より熱機関は熱量の差  $Q_1 - Q_2$  を仕事  $W$  として取り出すことになる。熱機関が取り出し得る仕事の効率  $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$  は、個々の熱機関には依存せず可逆な熱機関で最大となることが知られており、その最大効率は

$$\eta_{\text{可逆}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

である (Carnot の定理)。効率  $\eta = 1$  は絶対温度目盛りでの 0 度を定義する。熱力学第二法則 (エントロピー増加則) は、元の状態に戻るといふサイクルとして働くとき熱源から受け取った全ての熱を力学的仕事に変える熱機関は存在しないこと、あるいは、何の影響を残すことなく熱を低温から高温に移動させることは不可能であることを主張している。したがって、サイクルを経て元の状態に戻る熱機関においては、たとえ可逆機関であっても  $Q_2^{\text{可逆}} > 0$  でなければならず最大仕事効率は  $\eta < 1$  である。一般の不可逆機関においては低熱源への放出熱量はさらに増えて  $Q_2^{\text{不可逆}} > Q_2^{\text{可逆}}$  となるために、仕事効率  $\eta_{\text{不可逆}}$  は可逆機関による最大仕事効率よりさらに悪くなって  $\eta_{\text{不可逆}} < \eta_{\text{可逆}}$  となる。

---

8) たとえば、示量変数である体積  $V[\text{L}^3]$  に対して、示強変数圧力  $p[\text{L}^{-1} \text{MT}^{-2}]$  は互いに共役な状態変数である。



### 3 サービスを生み出す機関としての経営組織

経営組織，たとえば企業は，外界である顧客と市場とでさまざまなやり取りをすることによって，顧客にサービスを提供すると同時に自らの組織維持を図っている。図3は‘顧客からみた’企業活動の様子を示している。顧客から資金などの対価  $P$  を受け取った企業は，原材料や賃金および組織維持の諸経費などを放出して顧客へのサービス  $G$ （組織機関の仕事）を取り出すというサイクルを行っている。経営組織の運営において，熱現象によって仕事を取り出す熱機関と同様に，経営組織はその仕事としてサービスを取り出す機構を持つと考えて，これを組織機関と考えることができる。

経営組織機関をサービス  $G$  を提供する機関とみなすとき，顧客が得られるサービス  $G^9$  は，顧客が支払う  $P$  から図3で示すコスト  $C$  との差として得られていると考えるのである。顧客にとって，大きなコスト  $C'$  ( $C' > C$ ) を要する経営組織は同じ対価  $P$  に対して得られるサービス  $G'$  は小さくなる ( $G' < G$ )。したがって，経営組織自体の維持管理のための費用の増大あるいは組織内で確保する利益を多くするような事態は，顧客にとっては排出するコストが増大すると見なせる。こうした経営組織の捉え方におけるコスト概念は，経営組織を利益を取り出す機構とみた

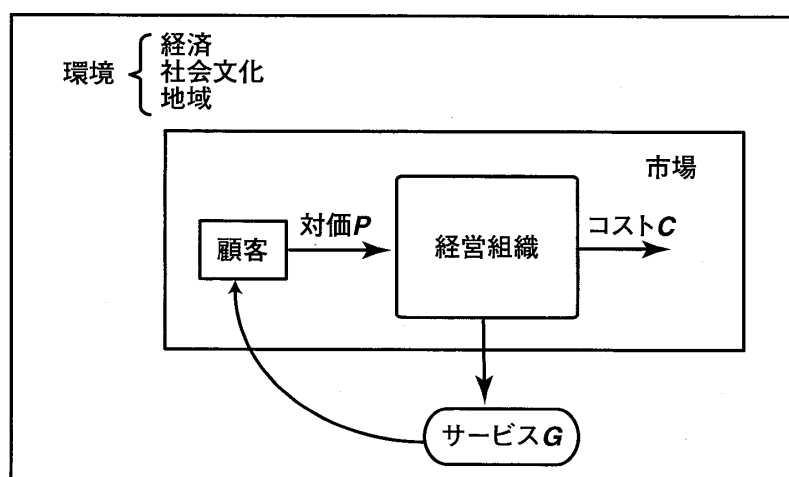


図3 熱機関としての経営組織。経営組織は，顧客から観察すると，外界である顧客や市場とのやりとりを通じてサービス  $G$  を取り出す機関とみなすことができる。経営組織は顧客から対価  $P$  を受け取る一方，賃金，資材購入や広告宣伝を含む諸経費および利益，さらに社会貢献などをコスト  $C$  として市場に渡してサービス  $G$  を生み出している。

9) 人がサービス（または財）を消費することから得られる満足または価値を効用によって計るとする経済学にあっても，効用の測定可能性に関して，測定可能な基数的効用から，より選好順序的な序数的効用へとその捉え方も変化している。ここでは，取り出される利得としてのサービス  $G$  は  $P - C$  によって価格に換算されて定量化されるとしている。

ときの従来の‘コスト’概念とは異なっていることに注意する。顧客からの対価（売上高）からサービス提供に要した費用（サービス提供原価＋販売諸経費）を‘コスト’として差し引いた営業利益を取り出す機構とする見方が従来の見方である。ただし、節5で論ずるように、顧客から得られる対価は資金だけでなく、さまざまな情報（市場調査結果、顧客からの問い合わせや苦情など）も経営組織に流れ込んおり、こうした各種情報は経営上極めて重要な働きをしていることは言うまでもない。ここでは、資金に加えてこれら各種情報なども対価  $C$  として取り扱うことにする。

経営組織の経営者にとっては、顧客へのサービス  $G$  を生み出すだけでなく、経営組織それ自身を維持すること自体も大きな課題になる（節5）。経営組織機関では、機関に流入した資金の一部は組織構成員への報酬や生産資源の充填および維持管理費として放出される（これらが従来の意味での‘サービスコスト’である）だけでなく、利益は投資や企業規模の拡大や資本の蓄財などに使われているのであるが、これらは機関内で消費して外界に放出しているコストの一部をなすとみなすのである。また、対価の一部として流入した諸情報も経営組織は内部で活用・消費されると同時に、その一部は広報宣伝などとして組織から放出されている。本論文では、利益や情報を含めて経営組織が消費するコストとしている。

この見方によって、経営組織におけるエネルギー保存則は次のように表される：経営組織に流入した資金や諸情報を合わせた対価  $P$  は、経営組織が消費した資金や諸情報を合わせたコスト  $C$  と経営組織から顧客に提供されるサービス  $G$  との和に等しい、つまり

$$\text{流入対価 } P = \text{消費コスト } C + \text{提供されるサービス } G.$$

当然のことであるが、顧客から受け取る対価以上のサービスを取り出せる経営組織はあり得ない。過剰サービス状態 ( $P < G$ ) では経営組織は組織を維持するためのコストを回収することができず、顧客にサービスを提供し続けることは不可能となるからである。

企業が顧客に過剰なサービス ( $P < G$ ) を提供する戦略を一時的にとったとしても、時間スケールを変えて長期に観察すると、企業はその損失を補填するために別のサービス対価  $P'$  で利得  $G' < P'$  を得なければ企業は維持できずに崩壊してしまう。つまり、常に  $P < G$  であるようにサービス過剰をし続ける経営組織体は存在し得ない。ただし、近年では Google のように、一般利用者にとっては  $P < G$  あるいは  $P = 0, G > 0$  であるかのような活動を行って大きな成功をおさめている企業がある。しかし、それらの企業の場合、経営組織には一般利用者から資金は得られないが、利用状況や個々の嗜好や傾向、さらには要求情報がふんだんに集積されるような仕組みを持っている。このような企業の分析には、個別サービスでなく、さらに粗視化して巨視化した商品群とサービス群および流出入する諸情報を考察する必要がある。このことから分かるように、顧客からの対価として資金だけでなく各種情報も支払われていると考える枠組みを考察することは重要である。

熱機関における仕事効率と同様にして、組織体のサービス効率を考えてみよう。組織のサービス効率  $\eta_{組織}$  を

$$\begin{aligned}\eta_{組織} &= \frac{\text{対価 } P - \text{コスト } C}{P} \\ &= 1 - \frac{C}{P}\end{aligned}$$

で定義する。この量は、経営組織のエネルギー保存則から直ちに分かるように、経営組織から取り出されたサービス  $G$  に対する顧客の対価  $P$  に対する満足度  $\sigma_{顧客}$

$$\sigma_{顧客} = \frac{G}{P}$$

と考えることもできる。経営組織を維持するためには  $P > C$  でなければならないことに注意しよう。つまり、経営組織体は自らの組織を維持するためにコスト  $C$  をゼロにすることはできず常に  $C > 0$  であり、その結果として、経営組織のサービス効率  $\eta_{組織}$ （同じことであるが満足度  $\sigma_{顧客}$ ）は1未満とならざるを得ない。コスト  $C$  がゼロにはなり得ず  $C > 0$  であることは、熱力学とのアナロジーでいうならば、熱力学第二法則に相当する。これはサービス資材または組織管理コストのための消費がゼロである企業はあり得ないという一般的な事実に他ならない。

企業はサービス原価や一般管理費の削減という目標を掲げることになるのだが、提供するサービスを同じに保ったままとすればこの目標によって利益を上げることになり、あるいは利益を同じに保ったままとすればこの目標によって提供するサービスを増加させることになる。利益率を向上させることは経営上の基本目標であるが、しかしながら先に述べたように、資産や収益の流れだけで経営組織の運営を論ずることはできなくなっているのも事実である。経営組織の運営問題は価格や資本の関係性だけでは記述できない新しい形態の企業活動が存在するためである。また、経営組織は直接の外部環境として顧客と市場に接してサービスを提供するのであるが、これら経営組織や顧客および市場自体はさらに大きく経済や社会文化や地域といった環境の中に埋め込まれている。こうした状況をあらかじめ想定しておく必要があるのは、節4で議論するように、さらに外側の環境からの影響が無視できないような時間スケールがあるためである。

企業経営を難しくしている点として、企業は新商品や新サービスの企画および研究開発という課題を定常的に抱えていることがあげられる。需要供給の均衡によって提供するサービス対価が定まり、一定期間にわたって企業はある利益率を得ながら組織運営を果たすことができたとしても、その企業に対価を払い続ける顧客や市場環境が継続するとは限らない。企業が新サービス（または商品）を開発し、一定のサービスを提供しさえすれば顧客は相当程度の満足を得てしかるべき対価を払うようになっているとき、その企業は新しい市場を開拓したとみなされ経営組織として満足すべき状態にあるといえる。しかし、あるサービスが市場に行き渡り、顧客の要求度が向上したり他社が類似サービスを市場に投入するようになってサービス競争が行われるように

なると、企業がそのサービスに関するサービス効率を以前のように維持することは容易ではなくなる。こうしたとき、企業はさまざまな営業努力によってそのサービスにおける市場での位置を保ち続けさせたり、このサービスに対する改良や革新を工夫することによって顧客離れを防ぐか新規顧客の獲得を目指したり、あるいは新たなサービスを企画・研究開発することによって継続的なイノベーションを果たし、新しい市場を開拓するといった一連の努力を投入し続けなければならない。こうした組織運営のために適切な構造をどのように配置し、情報伝達や経営判断機能をどのように持たせるべきなのかという組織機構の問題が浮上してくる。それだけでなく、そもそも満足すべき経営状態であるために組織で働く個人やまたはグループ集団がその組織内でどのようにエンパワーされるのかを探ることが、経営組織の活性化に係わる経営上の根本問題の1つとなってくるのである。

#### 4 時間変化スケールの問題

節2では、熱力学において時間  $dt$  の間に生じるシステムの状態変化として内部エネルギーの変化  $dU$  を考えた。この  $dt$  はその時間経過によってシステムに巨視的な熱力学的微小変化が生じるような“僅かな”時間間隔  $\Delta t$  を意味している。熱力学の可逆機関の動作を考える際に導入される準静的過程は、状態変化が常に熱平衡状態であるようにきわめてゆっくり進行するという仮想的な変化として考案された。現実には、孤立系の状態変化は常に不可逆過程として有限時間の間に生じ、結果としてシステムのエントロピーは増加する（熱力学第二法則）。

経営組織体において、‘微小時間’  $dt$  の適切なスケールは組織のどんな様子に着目して状態変化を見るかという巨視的な観測過程に本質的に依存する（図4）。 $dt$  を定める時間間隔  $\Delta t$  として秒・分または時間を単位とした場合、株価や卸取引量などが時々刻々と変化する様子が観察される。この間は組織体の人数や設備や規模は不変のままだと見なすことができる。日や月を単位とした場合には、生産資源や物流の変化などを考慮しなければならない。

$\Delta t$  を年程度とすると、人員や設備・資産などの変化などが顕著となり、時々刻々と変動する株価や売り上げ高などの観測量  $M(t)$  の変動は微視的な挙動であるとして平均化される。この時間スケールでの変化  $d\langle M \rangle_{\Delta t}$  を改めて

$$d\langle M \rangle_{\Delta t} = d\left(\frac{1}{\Delta t} \int_{\Delta t} M(t) dt\right)$$

と見なすことによって、経営組織は経営財務分析に現れる変数を含むシステム変数によって取り扱うことができる。この間に組織は顧客や市場だけでなく、それらを取りまく経済や政治的状况からの影響を受ける場合もあり得る。また、経営組織や人員配置の変化や提供するサービスの改善や研究開発の進捗など経済指標では見えない状態変化も生じていることが見えてくるはずである。経過時間間隔  $\Delta t$  を月・年程度に大きくして粗視化すると、事業の統廃合など経営組織の大

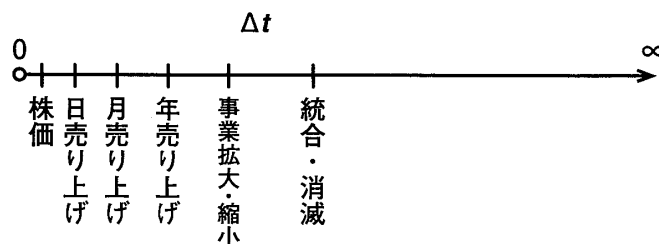


図4 組織変化の時間スケール。経営組織の状態を記述するためには、その記述目的に相応しい時間スケールと状態変数がある。組織のどんな状態変化に着目するかに応じて、そのための適切な‘微小な’経過間隔  $\Delta t$  の大きさを決めておく必要がある。

規模な改革や新規サービスへの参入やイノベーションの成果などを論ずる状態変化に着目することになる。このとき、資本の大きさや諸情報および構成員同士またはグループ間の協力現象としてのエンパワー生成などを通じて組織体活動を支えている組織の内部エネルギーを、どのようにしてサービスや利益および組織維持に転換するかが組織経営での中心的課題となる。

さらに、時間経過間隔を大きくして組織体を観測するとき、組織体はその直接の外部環境だけでなく、政治や社会文化や地域風土にさらされることになる。この場合には、経営組織のライフサイクル自身が問題となり、対象とする経営組織だけの活動でなく、それを1つの要素とした複数の組織体や社会環境との相互作用の文脈で経営組織を捉える必要がある。着目している経営組織は消滅したり、他組織との吸収合併という新たな段階を迎えることになる。

## 5 非平衡開放系としての経営組織

企業が一定の利益を得て継続的に組織を維持している様子を見るためには、節3で考えたように、経営組織と外界との経済資本の移動だけを観察するだけでは十分ではなく、経営組織は外界と資金の交換を行うばかりでなく、他にもさまざまなやり取りを行いながらサービス提供を行っている。この意味で経営組織は開放系であり、組織を常に秩序構造を持たせるように維持する必要があるという意味で非平衡系と見なすのが妥当である。経営組織が行う広告宣伝や市場調査だけでなく顧客からの問い合わせや苦情あるいは世論など様々な情報交換が行われている。さらに組織を構成する人員の流れや他企業や社会経済からの影響があり、資金の流れ以外のこれら外界とのやり取りが経営組織内部におけるサービスのための企画や研究開発の駆動力となっている。また、経営組織の活動を‘組織エンジン’によって駆動されるシステムとして取り扱ったとき、熱力学的文脈で考えると、経営組織はサービスを提供し組織を維持し続けている過程で生じてしまう組織内部のエントロピー（それがどのように定義されるかはとりあえずは考えないのであるが）を何らかの形で外界に排出する必要がある、外界との動的なエネルギー交換によって経営組織の維持を達成している。Schrödinger 風に換言すれば<sup>10)</sup>、経営組織はサービスを提供することによって常に混乱と崩壊の危機にさらされており、負のエントロピーを取り込んで組織を維持す

る必要がある。節2で述べたように、サイクルを繰り返す熱機関では熱源である外界とのエネルギーのやり取りの結果として連続して仕事を取り出すのであるが、1サイクル終了時に熱機関は元の状態に戻っているとしているのでエントロピーの変化はない。しかし、不可逆機関では途中で発生したエントロピーを可逆機関よりもより多くの熱として外界に放出している。

考察の対象となるシステムが開放形で外界とのエネルギーや物質などのやり取りによって平衡状態から遠く離れた状態を維持しているとき、そのようなシステムを散逸システム (dissipative-system) といい、外界とのやり取りによって生じる構造や秩序を散逸構造 (dissipative structure) と呼ぶ [3]。

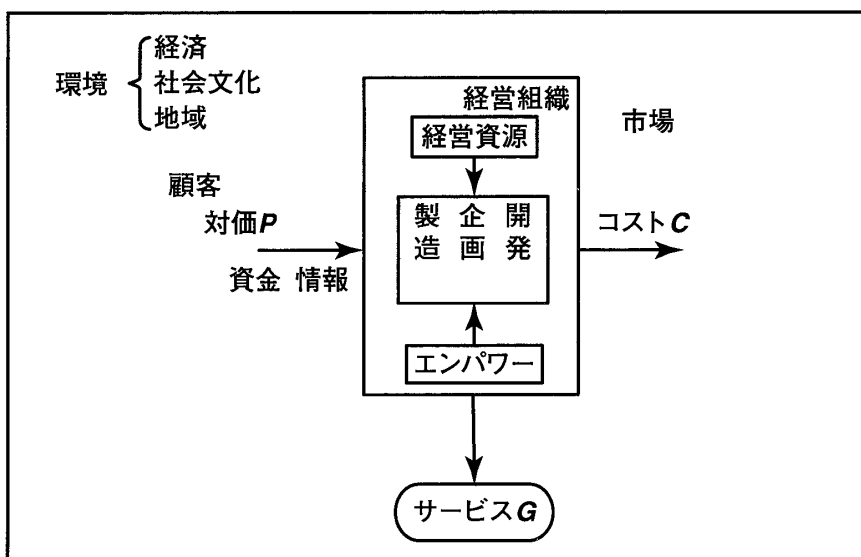


図5 経営組織の開放的な様相。経営組織は、資金だけでなく諸情報など外界との間でさまざまな交換を行いながらサービスを提供し、さらに経営組織を秩序だって維持している非平衡開放系である。経営組織では、利益率の向上と維持のためには経営資本や資源の投入だけでなく、構成員やグループから生じるエンパワーの生成が必要である。

こうした考察をさらに進めるために、経営組織を記述する状態変数がどのようなものであり、状態関数として組織体の内部エネルギー  $U$  がどのように定義されるのかを考える必要がある。こうした考察が重要なのは、熱力学的システムにおいて適当に選び出された状態変数の関数として表された状態関数 (必要なら Legendre 変換を行って得られる状態関数) が定まると、その経営組織に関する熱力学的諸量はすべてこの関数の偏微分係数として導かれ、諸量相互の熱力学的関係が明らかとなるからである。

経営組織の内部エネルギーの一部として、貸借対照表にある流動資産、固定資産、繰延資産な

- 10) 生物は外界から食物を摂取することによってエネルギーを取り入れ、生じたエントロピーを外界に排出しながら生きている。Schrödinger はこの事実を「生物は負のエントロピーを取り入れて秩序を保っている」と表した [4]。

ど経済価格として換算できる資産  $R$  を含めよう。これらの**資産  $R$**  は、流動資産としては現金や預金または手形などの組  $\{A_i\}$ 、生産した商品数や原材料の量などの組  $\{J_j\}$  によって、繰延資産としては投入する開業費や開発費等の組  $\{D_k\}$ 、そして固定資産としては土地・設備評価額や特許収入などの組  $\{E_i\}$  である示量変数によって記述される。ただし、時間スケールを月または高々年程度とした場合（節4）、時間  $dt$  における資産変動  $dR$  への寄与は流動資産とおよび繰延資産からが主たるものとなり、固定資産の変動はわずかであるために無視できると考える。このため、この時間スケールで考える場合には、固定資産の大きさは流動資産や繰延資産に反映されるとして、組織の内部エネルギーの独立変数には固定資産を定める  $\{E_i\}$  は含ませないことにする。このとき、資産エネルギーの変化  $dR$  は、利率の組  $\{\alpha_i\}$ 、素単価の組  $\{\gamma_j\}$  および期待効用の組  $\{\beta_k\}$  によって

$$dR = \sum_i \alpha_i dA_i + \sum_j \gamma_j dJ_j + \sum_k \beta_k dD_k$$

で表される。

節3で検討したように、経済価値として観測可能な資産だけが組織の内部エネルギーであるとはいえない。情報や経営組織内で生成されるエンパワーメントも内部エネルギーの形態であると考えられる。顧客から得られたり、経営組織が提供する**情報  $I$**  は組織活動には欠かせない源泉であり、内部エネルギーを構成している。情報エネルギーの変化  $dI$  は、各種情報  $\{K_h\}$  に関する情報量  $\{I_h\}$  があって、それぞれの有用度に応じた情報価値ポテンシャル  $\{\epsilon_h\}$  の組によって

$$dI = \sum_h \epsilon_h dI_h$$

で表されるとする。

また、組織エンパワーメント  $P$  は経営組織の維持管理、企画や研究開発、サービス提供活動など組織活動には欠かせない因子であり、内部エネルギーとして重要な役割を担っていると考えられる。エンパワーメントは外界とのやり取りを通じて組織内部で生成される。それぞれの経営組織ごとにエンパワーメントの生成形態は異なっているが、諸情報と同様に経営資産に比べてエンパワーメントを直接測定することは困難であり、その生成メカニズムは現在のところ明らかではない。経営組織が部分システム（グループ）から構成されるるとき、それぞれの部分システムはその機能  $\{\mathcal{F}_\ell\}$  に応じた大きさ  $\{N_\ell\}$  をもって組織内で相互に協同しながら働いている。このとき、組織エンパワーメントの変化  $dP$  は、エンパワーポテンシャル（empower potential）の組  $\{\mu_\ell\}$  によって

$$dP = \sum_\ell \mu_\ell dN_\ell$$

で表されるとする。

したがって、組織の内部エネルギー変化  $dU$  は、示量変数の組  $\{A_i\}$ ,  $\{G_j\}$ ,  $\{D_k\}$ ,  $\{I_h\}$ ,  $\{N_\ell\}$  を独立変数として含む状態関数  $U$  の全微分

$$dU = dR + \sum_h \epsilon_h dI_h + \sum_\ell \mu_\ell dN_\ell$$

で与えられるとするのである<sup>11)</sup>。経営組織の Gibbs 自由エネルギー  $G$  を

$$G = U - \sum_i \alpha_i A_i - \sum_j \gamma_j J_j - \sum_k \beta_k D_k$$

で定義すると、 $G = G(\{A_i\}, \{J_j\}, \{D_k\}, \{I_h\}, \{N_\ell\})$  となり、その独立変数である示量変数は  $\{I_h\}$  と  $\{N_\ell\}$  だけとなり、

$$G(\{A_i\}, \{J_j\}, \{D_k\}, \{\lambda I_h\}, \{\lambda N_\ell\}) = \lambda G(\{A_i\}, \{J_j\}, \{D_k\}, \{I_h\}, \{N_\ell\})$$

のように、 $G$  は  $\{I_h\}$  および  $\{N_\ell\}$  に関する1次の同次関数となる。したがって、 $\epsilon_h = \left( \frac{\partial G}{\partial I_h} \right)_{\{\alpha_i\}, \{\gamma_j\}, \{\beta_k\}, \{\epsilon_{u \neq h}\}, \{\mu_\ell\}}$  および  $\mu_\ell = \left( \frac{\partial G}{\partial N_\ell} \right)_{\{\alpha_i\}, \{\gamma_j\}, \{\beta_k\}, \{\epsilon_h\}, \{\mu_{w \neq \ell}\}}$  に注意すると、Euler の関係式より

$$\begin{aligned} G &= \sum_h I_h \left( \frac{\partial G}{\partial I_h} \right)_{\{\alpha_i\}, \{\gamma_j\}, \{\beta_k\}, \{\mu_\ell\}, \{\epsilon_{u \neq h}\}} + \sum_\ell N_\ell \left( \frac{\partial G}{\partial N_\ell} \right)_{\{\alpha_i\}, \{\gamma_j\}, \{\beta_k\}, \{\mu_{w \neq \ell}\}, \{\epsilon_h\}} \\ &= \sum_h \epsilon_h I_h + \sum_\ell \mu_\ell N_\ell \end{aligned}$$

を得る。つまり、情報価値ポテンシャル  $\{\epsilon_h\}$  は各種情報  $\{K_h\}$  に関する情報量  $\{I_h\}$  の単位情報量 ( $\{I_h = 1\}$ ) あたりの Gibbs の自由エネルギーであり、またエンパワーポテンシャル  $\mu_\ell$  も組織機能  $\mathcal{F}_\ell$  の単位機能量 ( $\{N_\ell = 1\}$ ) あたりの Gibbs の自由エネルギーと見なすことができる。したがって、組織全体の Gibbs 自由エネルギーは各種情報単位および各部分機能単位ごとの Gibbs 自由エネルギーの和として表される。また、変化  $dG$  は

$$dG = - \sum_i A_i d\alpha_i - \sum_j J_j d\gamma_j - \sum_k D_k d\beta_k + \sum_\ell \mu_\ell dN_\ell$$

11) ここでは、資産、情報、生成される組織エンパワーメントを経営組織の内部エネルギーを構成していると考えた。今後、理論を展開するにあたってさらに別種の状態変数の導入が必要となるかもしれない。



であることから、等 $\{\alpha_i\}$ 、等 $\{\gamma_j\}$ 、等 $\{\beta_k\}$ という‘等資産’条件の下では、組織の Gibbs 自由エネルギーの変化は各種情報量の変化とシステムの部分システムの機能成分量の変化によって次の関係

$$dG|_{\{\alpha_i\},\{\gamma_j\},\{\beta_k\}} = \sum_h \epsilon_h dI_h + \sum_\ell \mu_\ell dN_\ell$$

で結ばれている。仮に2つの経営組織の‘資産状況’が同じだとしても、それら組織の内部エネルギーは組織内部の各種情報量とそのエンパワーの差異分だけ異なっているのである。したがって、組織エンパワー問題を考える上で組織の Gibbs エネルギー  $G$  は都合がよいことが分かる。

さて、経営組織を記述するこれらの状態変数を使って、活動している経営組織が内部で何が生じているかを考えてみよう。システム内では、その部分システムの機能 $\{\mathcal{F}_\ell\}$ 同士が各種情報 $\{K_h\}$ に関する情報量と組み合わせたり、互いに影響し合って協同現象が生じていると考えられる。その反応速度を $\{k_\nu\}$ とすると

$$s_{j_1^\nu} \mathcal{F}_{j_1^\nu} + s_{m_2^\nu} \mathcal{F}_{j_2^\nu} + \dots + s_{j_q^\nu} \mathcal{F}_{j_q^\nu} + r_{u_1^\nu} K_{u_1^\nu} + r_{u_2^\nu} K_{u_2^\nu} + \dots + r_{u_p^\nu} K_{u_p^\nu}$$

$$\xrightarrow{k_\nu} s_{k_1^\nu} \mathcal{F}_{k_1^\nu} + s_{k_2^\nu} \mathcal{F}_{k_2^\nu} + \dots + s_{k_p^\nu} \mathcal{F}_{k_p^\nu} + r_{v_1^\nu} K_{v_1^\nu} + r_{v_2^\nu} K_{v_2^\nu} + \dots + r_{v_w^\nu} K_{v_w^\nu}$$

のような  $m$  段 ( $\nu=1, \dots, m$ ) にわたる部分システムの機能量と各種の与えられた情報に関する反応の組として表されるとしてみよう。このとき、部分システムに対して機能 $\{\mathcal{F}_\ell\}$ をどのように持たせるのか、そしてこれらの機能がどのように配置されて、得られた各種の情報を使って組織エンパワーが生成されるのかはすぐれて経営学的課題となるのである。

各種情報 $\{K_h\}$ の情報量の変化 $\{dI_h\}$ および組織機能 $\{\mathcal{F}_\ell\}$ の機能量の変化 $\{dN_\ell\}$ は、反応進度 $\{\xi_i\}$ (extent of reaction)の間に

$$\frac{dN_{j_1^\nu}}{-s_{j_1^\nu}} = \dots = \frac{dN_{j_q^\nu}}{-s_{j_q^\nu}} = \frac{dI_{v_1^\nu}}{-r_{v_1^\nu}} = \dots = \frac{dI_{v_p^\nu}}{-r_{j_q^\nu}} =$$

$$\frac{dN_{k_1^\nu}}{s_{k_1^\nu}} = \dots = \frac{dN_{k_p^\nu}}{s_{k_p^\nu}} = \frac{dI_{v_1^\nu}}{r_{v_1^\nu}} = \dots = \frac{dI_{v_p^\nu}}{r_{v_w^\nu}} = d\xi_\nu$$

が成立しており、反応速度 $k_\nu$ と反応進度 $\xi_\nu$ とは

$$k_\nu = \frac{d\xi_\nu}{dt}$$

の関係がある。したがって、各種情報 $\{K_h\}$ の情報量と組織機能 $\{\mathcal{F}_\ell\}$ の機能量の時間変化は微分方程式の組

$$\frac{dI_h}{dt} = f_h(\{k_\nu\}; \{N_k\}, \{I_h\})$$

$$\frac{dN_\ell}{dt} = g_\ell(\{k_\nu\}; \{N_k\}, \{I_h\})$$

によって表すことができる。このことから、等資産条件の下での組織の Gibbs 自由エネルギーの時間変化は、システムに与えられた情報量の元で

$$\frac{dG|_{\{\alpha_i\}, \{\gamma_j\}, \{\beta_k\}}}{dt} = \sum_h \epsilon_h \frac{dI_h}{dt} + \sum_\ell \mu_\ell \frac{dN_\ell}{dt}$$

で与えられる。

経営組織を論ずる際には、貨幣や資材などの資産や構成員の人数だけでは十分ではない。組織の活性度、構成員やグループのエンパワー状況、新サービスの開発能力、外的環境変化に対応する組織の適応性など、経営組織には経済指標では明確化できない因子が存在しており、それらの要素が互いにどのように関係しながら発展していくのかを射程に入れた研究方法が必要となってくる。本論文はこうした研究のための新たな方法を提案した。以上の考察は一般的な枠組みの中で行われているのであるが、非平衡開放系である経営組織が外界とのやりとりを通じて自己組織化を果たして自らの組織構造を維持していく仕組みにどのようにアプローチするかという問題が今後の課題となる。

#### 参考文献

- [1] 青木幹喜, 『エンパワーメント経営』, 中央経済社 (2006)。
- [2] H. B. キャレン, 『熱力学および統計物理入門』, 吉岡書店 (1998)。
- [3] G. ニコリス, I. プリゴジヌ, 『散逸構造』, 岩波書店 (1980), I. プリゴジン, D. コンデブ  
ティ, 『現代熱力学』, 朝倉書店 (2001)。
- [4] シュレディンガー, 『生命とは何か』, 岩波書店 (1951)。